

# **Rancang Bangun Sistem Kendali Generator LFG40 untuk Sistem Pembangkit Plasma Otomatis Menggunakan LabVIEW 7.1**

Pungky Hardika I.<sup>1</sup>, D.J. Djoko H.S.<sup>1</sup>, Didik R. Santoso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya

Email: pungkyhardika@yahoo.co.id

## **ABSTRAK**

Plasma secara garis besar merupakan suatu gas yang terionisasi. Plasma terbentuk dari gas yang terionisasi di dalam tabung. Pada prinsipnya proses ionisasi membutuhkan energi dalam orde elektron Volt untuk melepas elektron, maka dalam membuat plasma harus ditambahkan energi dalam suatu sistem. Plasma dapat dibuat dengan cara memanfaatkan tegangan listrik pada sistem pembangkitan plasma yaitu dengan menghadapkan dua buah elektroda di dalam suatu sistem vakum. Pada kedua elektroda dipasang tegangan listrik yang cukup tinggi sehingga sifat konduktor akan muncul pada udara diantara kedua elektroda. Sumber tegangan tinggi ini merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi proses pembentukan plasma. Agar diperoleh kontrol tegangan yang baik maka dibutuhkan suatu sistem otomatisasi kontrol yang terdiri dari DAQ, rangkaian DAC, dan rangkaian pembagi tegangan untuk menghubungkan program LabVIEW dengan generator. Karakteristik plasma kapasitif ini dilakukan dengan melalui analisa tegangan pada kedua elektroda. Plasma yang terbentuk pada penelitian ini diperoleh pada tegangan di atas 200V dengan batasan maksimum pada sistem ini adalah 600V. Secara visual pada penelitian ini plasma kapasitif yang teramati melalui timbunya pijaran berwarna ungu.

Kata kunci : Plasma, reaktor, kendali, generator.

## **Pendahuluan**

Dalam berbagai bidang, ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang dengan sangat pesat. Banyak riset yang dilakukan untuk terus mengemembangkan teknologi salah satunya adalah riset dalam bidang plasma. Plasma secara garis besar merupakan kondisietika gas terisi oleh partikel bermuatan dengan energi potensial antar partikelnya lebih kecil dibandingkan dengan energi kinetik partikel-partikel yang terdapat dalam gas tersebut [1]. Keuntungan dari pembangkitan plasma adalah pemanfaatannya dalam bidang industri seperti pelapisan logam dan semikonduktor, penerangan proses pemotongan logam, sterilisasi, proses fisi hingga pelestarian lingkungan.

Salah satu cara pembangkitan plasma dapat dilakukan melalui plasma capacitif yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Pandji Triadyaksa dkk. [2]. Pada penelitian tersebut dilakukan pembangkitan dengan memanfaatkan tegangan listrik yang dihubungkan ke dua buah plat elektroda yang berhadapan pada suatu sistem vakum. Pada sitem vakum tersebut kemudian dimasukan sebuah gas Nitrogen sebagai gas yang akan di ionisasi. Dari penelitian ini sistem pembangkit plasma yang digunakan masi menggunakan metode manual dalam pengaturan tegangan yang digunakan untuk membentuk plasma.

Pada penelitian ini digunakan sumber tegangan tinggi DC menggunakan generator LFG

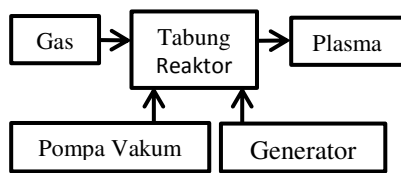
40 yang dihubungkan dengan dua buah elektroda di dalam suatu sistem vakum. Tegangan tinggi tersebut akan mengakibatkan sifat konduktor akan muncul pada udara diantara kedua elektroda dan bersamaan dengan itu arus listrik mulai mengalir. Aliran arus listrik ini menunjukkan adanya ionisasi yang mengakibatkan terbentuknya ion serta elektron diantara dua elektroda tersebut dengan plasma [3].

Pada penelitian ini akan dirancang suatu sistem pembangkit plasma otomatis, yang mana sistem ini akan dapat mengontrol tegangan yang akan diberikan sebagai inputan pada reaktor plasma. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja sekaligus meningkatkan keakuratan dan kontrol dari sistem tersebut. Sistem kontrol otomatis ini akan dibuat dengan menggunakan suatu program LabVIEW. Sehingga dibuat suatu sistem interface untuk menghubungkan generator dengan sistem program tersebut. Dengan program LabVIEW ini akanlebih mempermudah pengguna untuk mengontrol tagangan yang akan digunakan.

## **Perancangan Sistem**

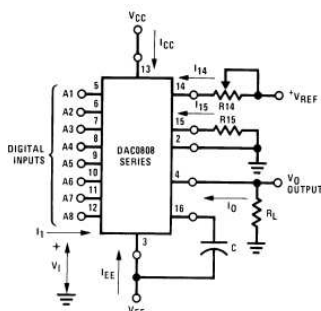
Pembangkitan plasma kapasitif pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan dua plat elektroda yang dirangkai dalam sebuah tabung reaktor kecil. Sistem pembangkitan reaktor plasma ini terdiri dari beberapa peralatan yaitu tabung reaktor pompa vakum, gas masukan, dan generator tegangan tinggi dengan skema tampak seperti gambar 1. Pada penelitian ini geerator

tegangan tinggi yang digunakan yaitu generator LFG 40.



**Gambar 1.** Skema pembangkitan plasma

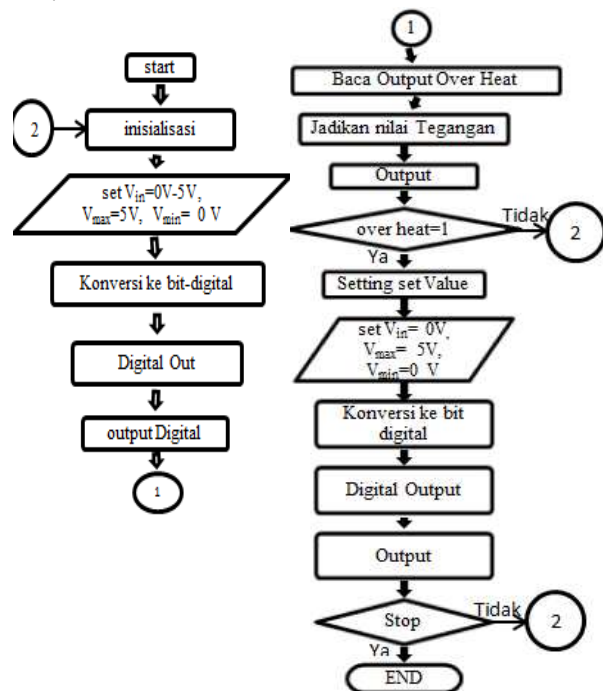
Pada sistem kontrol otomatis generator LFG 40 digunakan sebuah program LabVIEW, sehingga untuk menghubungkan kedua sistem diperlukan sebuah rangkaian *interface*. Sistem *Interface* tersebut terdiri dari sebuah DAQ CYDAS 1000P, rangkaian DAC, rangkaian pembagi tegangan, dan rangkaian power supply. DAQ CYDAS 1000P digunakan sebagai interface penghubung program labview dengan sistem elektronik, yang mana DAQ tersebut memiliki ADC sebagai pembaca analog input dan terdapat port keluaran digital. Dalam kontrol power generator dibutuhkan sebuah kontrol tegangan analog sebesar 0-10V pada pin 1 dan 2 sub-D generator, sehingga dibutuhkan sebuah rangkaian DAC untuk sistem kontrol tersebut dengan skema rangkaian seperti pada gambar 3. Rangkaian DAC tersebut terdiri dari DAC 0808 dan sebuah rangkaian power supply sebagai tegangan masukan DAC. Selain itu untuk sistem kontrol generator ini diperlukan sebuah sistem safety yaitu pada bagian overhear generator, sehingga dibutuhkan pembacaan analog input pada program. Pembacaan Analog input DAQ CYDAS memiliki batasan tegangan sebesar +10V sedangkan keluaran analog dari overhear generator sebesar 22V, sehingga dibutuhkan sebuah rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan menjadi dibawah 10 V.



**Gamabar 2.** Rangkaian DAC 0808

Pada sistem kontrol ini digunakan sebuah program LabVIEW dengan beberap sistem program yaitu program set generator, program safety generator dengan skema program seperti pada gambar 4. Pada sistem program ini digunakan library dari DAQ CYDAS yang digunakan sebagai interface program dengan DAQ. Pada sistem program set generator dibuat

sebuah sistem konversi nilai set tegangan generator menjadi sebuah bilangan biner 8 bit. Dari konversi tersebut bit-bit digital tersebut dikeluarkan pada pin Digital I/O DAQ sebagai digital input pada DAC. Pada program safety generator dibuat sebuah sistem yang akan mereset set tegangan generator menjadi 0 jika generator dalam kondisi overhear. Kondisi overhear generator tersebut tergantung dari pembacaan tegangan pada analaog input DAQ terhadap output overhear generator. Pada sistem ini tegangan output generator telah diturunkan menjadi 7,3V sehingga tegangan tersebut menjadi batasan tegangan overhear generator pada sistem ini.



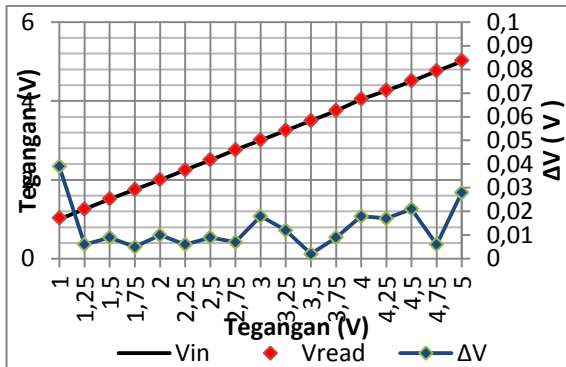
**Gambar 3.** Flowchart program kontrol generator

## Implementasi dan Pengujian

Dari implementasi pengujian seperti dijelaskan di atas, dilakukan pengujian terhadap sistem tabung reaktor, pembacaan analog input, program set tegangan DAC dan rangkaian DAC, dan keseluruhan sistem kontrol. Pengujian tabung reaktor ini dilakukan dengan menghubungkan sistem reaktor pembangkit plasma dengan generator . Tabung reaktor terlebih dahulu dibuat vakum dengan menyalakan pompa vakum (pastikan lubang- lubang tabung reaktor yang tidak terhubung tertutup rapat). Kemudian naikan nilai set value iput perlahan dengan memutar potensiometer sampai terbentuk plasma.

Pengujian pembacaan analog input ini bertujuan untuk mengetahui respon dari software untuk membaca tegangan input. Pengujian ini dilakukan dengan menguji tegangan input dari

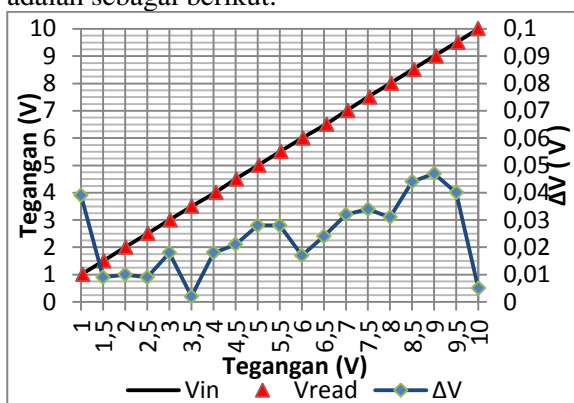
power supply variabel yang kemudian dihubungkan ke analog input DAQ. Selanjutnya untuk mengetahui nilai tegangan input digunakan software yaitu InstaCall. Dari hasil pengambilan data ini dapat dianalisa besar kesalahan yang dibaca oleh software dan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital. Hasil pengujian tegangan input dengan range 1-5V.



**Gambar 4.** Grafik hasil pengujian analog input dan perbedaan  $V_{in}$  terhadap  $V_{read}$  menggunakan range 1-5V

Dari hasil pengujian didapatkan perbedaan tegangan yang bervariasi. Perbedaan maksimal saat pembacaan tegangan terjadi pada tegangan input sebesar 1V dengan besar perbedaan sebesar 0,039V. Hasil yang didapatkan dari pengujian pada tegangan input 1-5V cukup bagus karena prosentase kesalahan tertinggi hanya 3,9 % pada tegangan input 1V.

Pengujian kedua adalah pengukuran tegangan input yang dilakukan dengan menggunakan range tegangan 0-10V. Hasilnya adalah sebagai berikut.

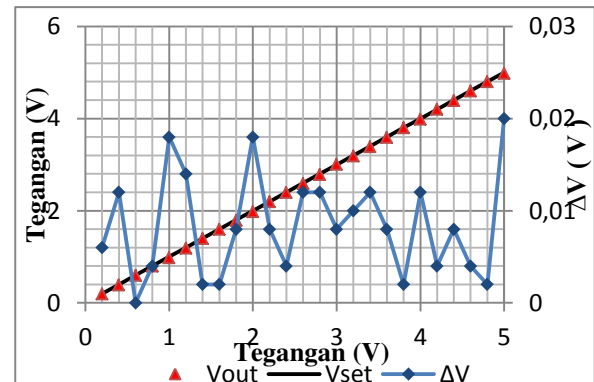


**Gambar 5.** Grafik hasil pengujian analog input dan perbedaan  $V_{in}$  terhadap  $V_{read}$  menggunakan range 1-10V

Pada pengujian analog input menggunakan range 1-10V, diperoleh nilai kesalahan terbesar yaitu 0,047V pada set tegangan sebesar 9V. Secara umum, perbedaan tegangan yang terjadi juga lebih

besar daripada ketika menggunakan range 1-5V, yaitu sebesar 0,008846V.

Selanjutnya pengujian program set tegangan DAC dan rangkaian DAC. Pengujian ini dilakukan dengan membuat program Labview. Yang mana program set tegangan ini terdiri dari program set konversi tegangan dan set digital output. Program set tegangan DAC ini yang kemudian akan digunakan sebagai setting kontrol power generator. Berikut grafik hasil uji program set tegangan DAC. Pada pengujian ini tegangan referensi rangkaian DAC diatur sebesar 5V.



**Gambar 6.** Grafik pengujian program tegangan out DAC dan perbedaan  $V_{out}$  DAC terhadap  $V_{set}$  program.

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa kesalahan nilai tegangan DAC dengan set tegangan program lebih besar dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Namun tidak terlalu jauh. Perbedaan maksimal tegangan yang terukur dari output DAC adalah sebesar 0,02 V dengan nilai  $V_{REF}$  sebesar 5 V. Sedangkan perbedaan maksimal tegangan yang terukur dari output DAC dengan perhitungan kalkulator sebesar 0,016 V. Perbedaan ini disebabkan karena secara teori jika DAC diberi input maksimal (0xFF), tegangan output yang dihasilkan adalah sebesar 4,98 V. Nilai tegangan tersebut dihitung dengan menggunakan perhitungan di bawah ini.

$$V_{out} = 5V \times \left( \frac{a_7}{2} + \frac{a_6}{4} + \frac{a_5}{8} + \frac{a_4}{16} + \frac{a_3}{32} + \frac{a_2}{64} + \frac{a_1}{128} + \frac{a_0}{256} \right)$$

Jika input adalah 0xFF (0b11111111) maka,

$$V_{out} = 5V \times \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right)$$

$$V_{out} = 5V \times 0,996 = 4,98V$$

Selain itu ketika pengujian ini kesalahan pada output bisa disebabkan karena parameter seperti tegangan referensi atau nilai resistor yang tidak sesuai dengan perhitungan.

Pengujian program safety generator ini bertujuan untuk mengetahui respon safety program agar sesuai dengan sistem safety yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan power supply variabel yang telah

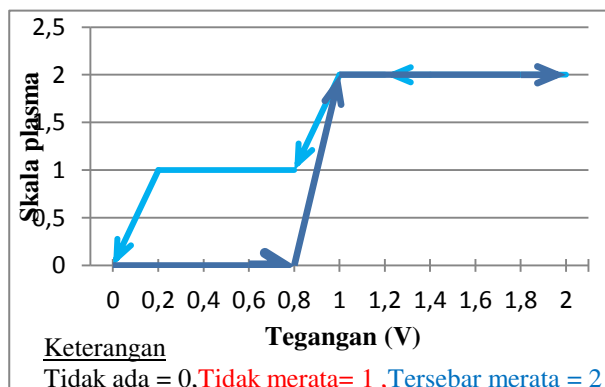
dihubungkan dengan pin analog input DAQ (over heat). Dari program nilai set over heat diset pada tegangan 7,3 V. Hal ini disesuaikan dengan nilai output maks dari over heat generator yang kemudian nilainya diturunkan dengan pembagi tegangan menjadi 7,33V. Perhitungan batas limit ditentukan dengan perhitungan di bawah ini

$$V_{maks\ over\ heat} = 22V,$$

$$V_{batas} = \frac{1}{3} \times 22V = 7,33V$$

Dari hasil perhitungan di atas kemudian sebagai batas tegangan set over heat. Jika saat sistem berjalan kondisi generator mencapai batas over heat maka generator harus dimatikan atau tegangan input plasma harus 0V. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa saat  $V_{in} \geq 7,3V$ , maka  $V_{set}$  power generator akan menjadi 0V. Hal ini sesuai dengan sistem yang diinginkan yaitu  $V_{set}$  power generator harus menjadi 0V ketika generator mencapai over heat, sehingga program pengujian ini sudah dapat digunakan sebagai kontrol safety generator. Pada implementasinya program ini tidak begitu berfungsi karena untuk mencapai over heat sistem hampir dikatakan tidak akan mungkin tercapai.

Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan tegangan pada proses pembentukan plasma. Perubahan tegangan dilakukan sampai batas tegangan maksimum tabung reaktor untuk membentuk plasma, batasan ini dapat dilihat melalui reaksi fisik yang terjadi pada tabung reaktor. Berikut adalah data hasil pengamatan dari plasma



**Gambar 5.20.** Diagram pembentukan plasma

Dari data hasil pengamatan di atas dapat dilihat bahwa pada range awal plasma tidak terbentuk, selanjutnya setelah tegangan plasma diatas 10% maka plasma akan terbentuk. Setelah tegangan plasma cukup tinggi saat tegangan

tersebut diturunkan kembali pada saat tegangan dibawah 10% plasma masih terbentuk dan baru tidak terbentuk saat tegangan 0%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa plasma membutuhkan tegangan tinggi terlebih dahulu untuk proses pembentukan pertama, dan hal tersebut sesuai dengan teori.

Pada data hasil pengamatan diatas ketika tegangan mulai diturunkan kembali menuju ke nol, pada saat tegangan dibawah 10% plasma tetap terbentuk karena di dalam sistem telah terjadi proses ionisasi. Elektron yang menjadi pemeran utama agar plasma dapat terbentuk, mempunyai waktu hidup yang cukup singkat sebelum hilang akibat tumbukan yang menyebabkan ionisasi maupun akibat tumbukan dengan dinding dan membentuk sheaths. Sehingga setelah proses ionisasi jumlah elektron didalam tabung lebih banyak dibandingkan sebelum terjadi ionisasi. Hal ini yang menjadi alasan pada tegangan yang sama diperoleh kondisi yang berbeda, yaitu pada saat plasma belum terbentuk dan penurunan set tegangan pada saat telah terbentuk plasma.

## Kesimpulan

Dari hasil analisa diperoleh beberapa kesimpulan yaitu dari hasil sistem pembangkit plasma masih terjadi kebocoran pada tabung reaktor sehingga menyebabkan plasma tidak stabil. Selain itu jarak antara kedua plat elektroda terlalu besar dan lebih mendekati dinding reaktor, sehingga menyebabkan pada tegangan rendah plasma terbentuk pada bagian sisi plat dengan tabung. Dengan menggunakan tabung reaktor plasma ini setting power maksimal hanya mencapai nilai 34% atau 3,4 Volt pada setting tegangan program. Dari sistem kontrol generator nilai setting kontrol power generator dan program menunjukkan nilai yang sesuai dengan nilai setting tegangan pada program. Selain itu pada sistem safety generator diperoleh bahwa saat  $V_{in} \geq 7,3V$ , maka  $V_{set}$  generator akan menjadi 0V, yang mana nilai 7,3 V merupakan batasan tegangan safety overheat generaor. Pada proses pembentukan plasma diperoleh bahwa dalam membentuk plasma dibutuhkan lonjakan tegangan yang cukup yaitu dengan tegangan awal sebesar 200V (10% power generator).

## Daftar Pustaka

- [1] Nicholson, D.R. 1983, *Introduction to Plasma Theory*, Jhon Wiley and Sons
- [2] Triadyaksa, Pandji, dkk, 2005, *Pembangkit Plasma Lucutan Pijar menggunakan Sumber Tegangan Tinggi DC*, Universitas Diponegoro
- [3] Piel, A. 2010. *Plasma Physics: An Introduction to Laboratory, Space, and Fusion Plasmas*. Springer. Berlin.